



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 213 461**

⑫ Número de solicitud: 200201812

⑤① Int. Cl.7: **C02F 3/12**
C02F 3/30

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫② Fecha de presentación: **31.07.2002**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.08.2004**

Fecha de la concesión: **01.06.2005**

⑫⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.07.2005**

⑫⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.07.2005

⑦③ Titular/es: **Universidad de Cantabria**
Avenida de los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES

⑦② Inventor/es: **Tejero Monzón, Juan Ignacio y**
Cuevas Rodríguez, Germán

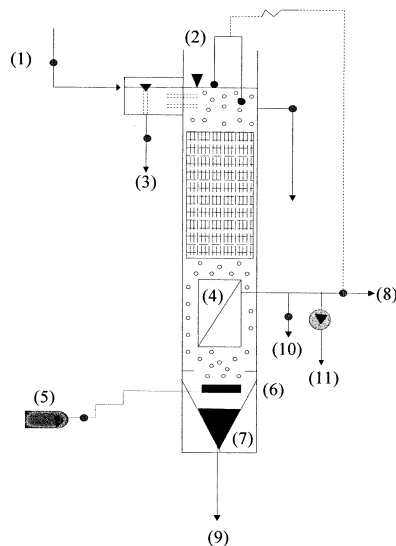
⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales combinando biopelículas y membranas de filtración.**

⑤⑦ Resumen:

Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales combinando biopelículas y membranas de filtración.

El sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales combinando biopelículas y membranas de filtración consiste de un reactor mixto que utiliza biopelículas y membranas de filtración para la depuración de aguas residuales. El sistema se encuentra constituido por cinco partes principales: medio de soporte, módulo con membranas de filtración, tolva de fangos, regulador de caudal, sistema de aireación. En el reactor se puede realizar la eliminación de la materia orgánica e Inorgánica, nitrificación y desnitrificación simultanea, separación de los sólidos por medio de la filtración, desinfección del efluente depurado, así como acumulación y digestión de los sólidos biológicos generados en el proceso, en una sola unidad de tratamiento. Como resultado del proceso, se obtiene un efluente con calidad para ser reutilizado en diferentes actividades, así como digestión del fango producido.



ES 2 213 461 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales combinando biopelículas y membranas de filtración.

Hace algún tiempo, la descarga de aguas residuales sin depurar era una práctica común, lo cual originaba problemas de contaminación en el cuerpo receptor. Por lo que, para poder utilizar el agua corriente abajo, tenía que ser introducida a un largo proceso de tratamiento. Este proceso se diseñaba en función de los contaminantes presentes en el medio hídrico.

Con el paso del tiempo, la entrada en vigor de normativas que regulan la cantidad y tipo de contaminantes que pueden ser descargados a los cuerpos receptores, está obligando a los organismos operadores a implementar sistemas de depuración de aguas residuales para poder cumplir de esta forma con la legislación. Con esta actuación, se ha logrado disminuir la descarga de contaminantes en los cuerpos receptores, facilitando de esta forma, la utilización directa del agua o aplicando un proceso sencillo de tratamiento antes de ser utilizada en las diferentes actividades donde se requiera.

Actualmente, existen en el mercado diversas tecnologías de depuración de aguas residuales, las cuales involucran en su proceso operaciones físicas, químicas ó biológicas, y en algunos casos la combinación de algunas de ellas. Como ejemplo de estos procesos, se pueden mencionar los siguientes: fangos activos, filtros biológicos, lechos bacterianos, contactores biológicos rotatorios (biodiscos), reactores anaerobios, reactores biológicos de lecho móvil, reactores "Batch", sistemas de coagulación-floculación, etc. Todos estos sistemas tienen sus ventajas y sus inconvenientes, pero todos cumplen en menor o mayor grado con el objetivo, depurar los contaminantes presentes en las aguas residuales.

La búsqueda de nuevos procesos, sencillos y económicos, que puedan ser aplicados en la depuración de aguas residuales, con el objeto de obtener efluentes que cumplan con la normativa para ser reutilizados, está obligando a los investigadores a buscar nuevas alternativas de tratamiento. Es por esta razón, que los nuevos diseños de depuradoras apuntan hacia una combinación de procesos, para poder construir sistemas compactos, modulares y de bajo consumo energético. Como ejemplo de estos sistemas que cumplen con este objetivo, se pueden mencionar a los reactores biológicos de membranas (RBM), donde se realiza una combinación de los procesos biológicos y procesos físicos de micro y ultrafiltración.

Antecedentes

La eficiencia de los procesos biológicos se encuentra en función de dos factores principales: concentración de la biomasa en el reactor y relación de transformación específica de los microorganismos. En los últimos cien años, los mayores intentos realizados para mejorar los procesos biológicos de depuración, han tenido como objetivo aumentar la concentración de los microorganismos dentro del reactor. Esto se ha logrado, haciendo una separación de los sólidos y el líquido y posteriormente regresando la biomasa concentrada al sistema o bien, desarrollando reactores de cultivos fijos en cuales, los microorganismos se fijan al soporte.

Una gran cantidad de sistemas se han desarrollado para depurar efluentes contaminados, sin embargo,

son pocos los sistemas que pueden llevar a cabo la depuración biológica de los materiales orgánicos y separación de los sólidos en una sola etapa del tratamiento y en un solo reactor. Una de las opciones donde esto es posible, son los reactores biológicos de membranas (RBM). Estos se definen como sistemas secundarios que combinan los procesos biológicos con una unidad de filtración que emplea membranas de ultra o microfiltración para la depuración de efluentes contaminados.

Los primeros reportes encontrados sobre el uso de membrana de ultrafiltración como sustituto de los decantadores secundarios para llevar a cabo la separación de la biomasa proveniente de los sistemas de fangos activos, pertenecen a (Smith, C. V., Gregorio, D.O., y Talcott, R.M. 1969. The use of ultrafiltration membranes for activated sludge separation. Proceeding 24th Industrial Waste Conference, Purdue University, Mm Arbor Science, Ann Arbor, USA, 1300-1310) y (Hardt, F.W., Clesceri, L.S., Nemerow, N.L., y Washington, D.R. 1970. Solid separation by ultrafiltration for concentrated activated sludge. Journal Water Pollution Control Federation, 42, 2135-2148). La primera planta a escala industrial fue construida por la compañía Dorr-Oliver en los sesenta, sin embargo, no fue hasta el año de 1977, cuando se instalaron los primeros sistemas en Japón.

En el mismo tiempo, la compañía Thetford Systems, ahora parte de la compañía Zenon Medioambiente, desarrolló un biorreactor con membranas externas nombrado proceso Cycle-Let[®], para la depuración aerobia de aguas residuales. Entre 1980 y 1990, la compañía Zenon Medioambiente, continuó desarrollando el antiguo sistema de Dorr-Oliver, investigando su aplicación en el tratamiento de aguas residuales industriales, consiguiendo patentar con éxito dos aplicaciones de este sistema (Tonelli y Canning. 1993. Membrane bioreactor system for treating synthetic metal-working fluids and oil based products. Patente US5204001) y (Tonnelli y Behmann. 1996. Aerated membrane bioreactor process for treating recalcitrant compounds. Patente US410730).

El sistema comercial de Zenon, ZenoGem[®], fue introducido el 1982. En ese mismo tiempo, la compañía Don-Olive introdujo en el mercado el sistema anaerobio de membranas conocido como "MARS" (Membrane Anaerobic Reactor System), para el tratamiento de efluentes industriales. En el año 1989, la compañía Kubota Corporation puso en marcha la primera planta piloto de reactor biológico de membranas con un sistema sumergido de membranas planas, instalando en 1991 su primera planta a escala industrial.

Actualmente, existen instaladas en todo el mundo, alrededor de 500 plantas de depuración con fangos activos a escala comercial. Están han incorporado este tipo de reactores en sus procesos para la depuración de efluentes domésticos e industriales. Aproximadamente, el 98% de estos sistemas, son aerobios equipados con módulos de membranas como sistema de separación. El otro 2%, son sistemas anaerobios. Aproximadamente, el 55% son sistemas de membranas sumergidas. El remanente son sistemas con unidades de membranas externas.

Bibliografía

Existen otras publicaciones en revistas científicas donde se reportan resultados de investigaciones donde se utilizan bioreactores con membrana sumergidas para la depuración del agua residual. La relación que

existe entre estas publicaciones y el invento que se solicita patentar, es que son sistemas biológicos aerobios, que emplean un módulo de membranas sumergido para la separación de los sólidos y el efluente depurado (permeado).

La principal diferencia que existe entre la presente solicitud, y que constituye una ventaja sobre los procesos reportados, es el uso de medio de soporte para la fijación de los microorganismos, así como una tolva para la digestión y almacenamiento de los fangos. Esto permite eliminar altas concentraciones de contaminantes, por ejemplo; materia orgánica e inorgánica, nitrificación y desnitrificación, disminución de la concentración de sólidos en el licor mezcla, mejor transferencia de oxígeno, mayor turbulencia, almacenamiento y digestión del fango, etc.

Algunas de las principales publicaciones que presentan una relación con este invento son las siguientes:

- Autores: **Ishida, H., Yamada, Y., M., Tsubo y Matsumura S.** Título. "Submerged membrane activated sludge process - its application into activated sludge process with high concentration of MLSS". Fuente: *Second International Conference on Advances in Water and Effluent Treatment*. BHR Gruoup series publication number 8, 321-330. Año: 1993.

- Autores: **Churchouse, S. J.** Título. "Membrane bioreactors for wastewater treatment-operating experiences with the Kubota submerged membrane activated sludge process". Fuente: *Membrane Technology*, 83, 5-9. Año: 1997.

- Autores: **Yamamoto, K., Hiasa, M., Mahood, T., y Matsuo, T.** Título. "Direct solid-liquid separation using hollow fiber membrane in a activated sludge aereation tank". Fuente: *Water Science and Technology*, Vol. 21, 4-5, 43-54. Año: 1989.

- Autores: **Côte, P. Buisson, H., Pound, C. y Arakaki, G.** Título. "Immersed membrane activated sludge process applied to the treatment of municipal wastewater". Fuente: *Water Science and Technology*, Vol. 38, 4-5, 437-442. Año: 1997.

- Autores: **Ueda, T. y Horan, N. J.** Título. "Domestic wastewater treatment by a submerged membrane bioreactor with gravitation filtration". Fuente: *Water Research*. 33, 2888-2892. Año: 1999.

Descripción de la invención

El invento consiste de un reactor (figura 1) formado por cinco partes principales: medio de soporte, módulo de membranas, tolva de fangos, regulador del caudal (electronivel, electroválvula y bomba de succión), sistema de aireación.

El empaque o medio de soporte, sirve para la fijación de las biopelículas generadas en el sistema. El medio de soporte puede ser fijo ó móvil.

Módulo sumergido de membrana para la separación de los sólidos y desinfección del efluente permeado. Las membranas pueden ser membranas de fibra hueca, tubulares o planas, de ultra o microfiltración.

El sedimentador estático en la parte inferior para el almacenamiento y digestión de los sólidos.

Regulador de caudal permeado. Formado por electronivel, electroválvula y bomba de succión. Con los dos primeros, es factible controlar la presión hidrostática. De esta forma se mantiene constante la diferencia de alturas entre la columna de agua y la salida, manteniendo con ello un caudal permeado durante la

operación en continuo. Bomba de succión de permeado, permite retirar el permeado en menos tiempo para cuando el sistema trabaje de manera discontinua.

Difusor de membrana de burbuja fina. Este aditamento sirve para llevar a cabo la aireación y mezcla del reactor, así como para mantener controlado en crecimiento de las biopelículas dentro del sistema.

De esta manera, es posible llevar a cabo en el mismo reactor la eliminación biológica de la materia orgánica e inorgánica, nitrificación y desnitrificación simultanea, separación de los sólidos filtración y desinfección del efluente depurado, acumulación y digestión de los sólidos biológicos generados en el proceso, en una sola unidad de tratamiento. Como resultado del proceso, se obtiene un efluente con calidad para ser reutilizado en diferentes actividades, así como la digestión del fango producido.

Las principales ventajas que presenta la invención, con respecto a las patentes y publicaciones relacionadas con el sistema descrito, se encuentran principalmente relacionadas con la utilización de un medio de soporte para la retención de la biomasa y con el sistema de almacenamiento y digestión de fangos. Dentro de estas ventajas se citan las siguientes:

1. Eliminación de materia orgánica e inorgánica,
2. Nitrificación y desnitrificación
3. Duración de altas cargas orgánicas
4. No necesita pretratamiento del afluente (sedimentación primaria)
5. Arranque del sistema en un periodo muy corto de tiempo
6. Poca superficie de construcción (sistema muy compacto)
7. Alta capacidad de amortiguamiento a la variación de materia orgánica.
8. Mayor transferencia de oxígeno (disminución de la viscosidad de fluido)
9. Baja producción de fangos (almacenamiento y digestión)
10. Desinfección del efluente
11. Filtración del permeado por presión hidrostática
12. Bajo consumo energético
13. Alta calidad del efluente
14. Mejor control del tiempo de retención de los fangos
15. Operación continua y discontinua

Descripción de las figuras

Figura 1

Esquema del reactor para el tratamiento de aguas residuales

1. Entrada del agua
2. Electronivel
3. Medio de soporte de biopelícula
4. Módulo de membranas

5. Compresor de aire
6. Difusor de membrana
7. Sedimentador estático
8. Salida de permeado (efluente)
9. Purga de fango digerido
10. Entrada de aire para retrolavado de las membranas
11. Bomba para succión de permeado

Un modo de realización

Planta piloto

Un reactor piloto fue construido y operado de forma continua alimentado agua residual doméstica con las siguientes características, $DQO_{Total} = 340$ mg/L, $SST = 144$ mg/L, $Nitrógeno_{Total} = 32$ mg/L. La unidad experimental estuvo constituida por cinco partes principales: medio de soporte, módulo de membranas, sistema de aireación, electronivel, tolva de fangos. El reactor se construyó de metacrilato. Las válvulas y tuberías de conducción del agua fueron de PVC. Las dimensiones del reactor fueron de 0,22 m de ancho por 2 m de alto, con una altura útil de 1,80 m. El volumen neto del reactor fue de 70 L. El material de soporte o medio de relleno utilizado para empacar el reactor, fue medio de soporte BLASF® con área superficial total de $2,8 \text{ m}^2$ ($119,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$). Las membranas (hidrofílicas y de microfiltración) del módulo fueron de fibra hueca construidas de polisulfona modelo MicroPes®. La aireación se llevó a cabo a través de un difusor de

membrana (burbuja fina y 0,15 m de diámetro) conectado a un compresor de aire, de baja presión. La tolva de almacenamiento y digestión de fangos se diseñó con forma de pirámide truncada invertida, con ángulos de 60° .

Condiciones de operaciones

El sistema se operó durante un periodo de 100 días. Aplicando una CO (carga orgánica) media de $0,45 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ y un tiempo de retención hidráulico de 17 h. El caudal medio alimentado al reactor fue de $4,18 \text{ L}/\text{h}$. El caudal de oxígeno suministrado fue de $6 \text{ L}/\text{min}$. El área superficial de membrana fue de $0,54 \text{ m}^2$. La presión hidrostática de trabajo fue constante ($0,10 \text{ bar}$), regulada por un electronivel y una electroválvula.

Resultados

Los resultados principales obtenidos durante el tiempo experimental, fueron los siguientes: La DQO_{Total} y DBO_5 fueron eliminadas en 94% y 96% respectivamente. Los sólidos suspendidos totales (SST) fueron eliminados en un 98%. La reducción de la turbidez fue del 97%, encontrando en el efluente permeado una turbidez media de 6 UTN. La eliminación de nitrógeno total en el sistema fue de un 68%, mientras que, la eliminación de amonio fue de un 92%. La concentración media de $N-NO_3$ en el permeado fue de $7 \text{ mg}/\text{L}$ (nitrificación). La desinfección del efluente fue satisfactoria, logrando una eliminación casi del 99% de los Coliformes totales y Streptococos fecales. Existió muy baja producción de fangos.

REIVINDICACIONES

1. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración compuesto por un medio de soporte, un módulo de membranas, un sistema de aireación, un regulador de caudal, una tolva de sedimentación y almacenamiento de fangos.

2. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por utilizar un regulador de caudal, que permite trabajar de manera continua y discontinua.

3. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por utilizar un medio de soporte fijo o móvil para el crecimiento y soporte de la biopelícula.

4. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y mem-

branas de filtración de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por utilizar un módulo de membranas tubulares, fibra hueca de ultra o micro-filtración, para la filtración del efluente.

5. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por utilizar un sistema de aireación automático que permite trabajar de forma aerobia, anóxica o anaerobia.

6. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por tener una zona de sedimentación para el almacenamiento y digestión del fango.

7. Sistema mixto para la depuración biológica de aguas residuales, combinando biopelículas y membranas de filtración de acuerdo con la reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por funcionar a nivel constante y utilizar como fuerza impulsora de la gravedad o el vacío generado por una bomba de aspiración.

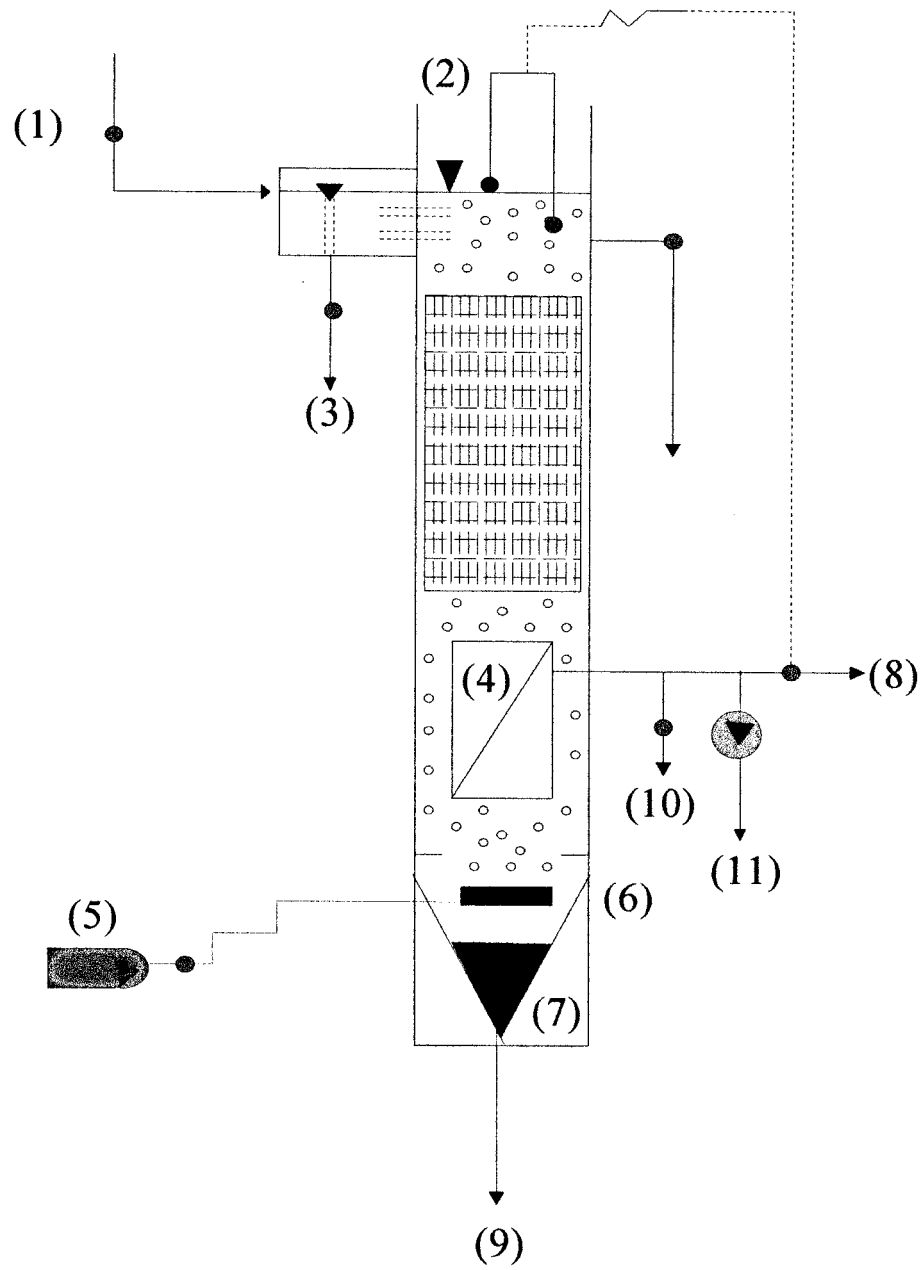


FIGURA 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 213 461

⑫ Nº de solicitud: 200201812

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 31.07.2002

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: C02F 3/12, 3/30

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 9961378 A1 (ATARA ENVIRONMENTAL, INC) 02.12.1999, todo el documento.	1-6
A	CH 689330 A5 (HAGER & ELSÄSSER GmbH) 26.02.1999, todo el documento.	1-6
A	EP 0861808 A2 (KURARAY CO. & KURASHIKI OKAYAMA) 02.09.1998, todo el documento.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

15.07.2004

Examinador

Fco. J. Haering Pérez

Página

1/1